

공유메모리 교환기내 QoS 구현을 위한 가중형 동적 임계법에 관한 연구

김창원, 김영범

건국대학교, 통신망연구실
전화: 02-450-3069

A Study on Weighted Dynamic Threshold for QoS Support in Shared Memory Switch

Chang-Won Kim, Young-Bum Kim

Telecommunications Laboratory
KonKuk University
E-mail: psource@kkucc.konkuk.ac.kr

I. 서론

과학 기술의 발전으로 광대역 통신망(B-ISDN : Broadband Integrated Service Network) 환경을 만족시키는 다중 회선 교환, 고속 회선 교환, 고속 패킷 교환과 같은 기술들이 가능해지고, 고속 패킷 교환의 개념은 비동기식 전송방식(ATM : Asynchronous Transfer Mode) 교환으로서 구체화되게 되었다. ATM은 ITU-T에서 채택된 스위칭 및 다중화 기술로 다양한 서비스의 수용, 효율적인 자원의 이용, 그리고 멀티캐스팅 서비스의 효율적인 측면에서 많은 장점을 가지고 있다. 또한, 저속 통신이나 정보량이 적은 통신에서부터 고속 광대역 통신에 이르기까지 다양한 특성을 갖는 트래픽을 쉽게 지원을 할 수 있다. 그러나, B-ISDN에서 각종 트래픽의 품질을 보증(QoS : Quality of Service)하기 위해서는 망 속도의 향상뿐 아니라 각 트래픽에게 공평하고 효율적으로 자원을 분배하고 사용할 수 있도록 하는 메커니즘이 필요하다.

ATM 스위치 구현에는 많은 연구가 진행되고 있고, 방법들이 제시되고 있다. 많은 방식 중에서도 특히 공유 메모리를 이용한 스위치는 다른 어떤 스위치와는 달리 HOL Blocking 현상이 없고, 우선순위 조정이 가능하며, 멀티캐스팅(multicasting)과 브로드캐스팅(broadcasting)의 구현이 용이 하는 등 많은 이점을 가지고 있다. 하지만, 공유 버퍼의 효율적 관리가 없으면 과부하(overload) 상태에서는 성능이 저하될 수 있다. 하나의 출력포트로 향하는 패킷들이 메모리의 대부분을 차지하게 되는 경우, 상대적으로 이용률이 낮은 출력포트로 향하는 패킷들은 메모리를 이용할 기회가 줄어들게 되어 처리율이 떨어지게 된다. 이에 대한 하나의 해결 방법으로서 출력포트 당 버퍼의 크기를 제한하는 방안을 생각할 수 있다. 그러나, 이 경우 스위치의 처리율은 증가하나, 버퍼의 이용률은

떨어지게 된다. 따라서 이런 상반되는 두 개의 효과를 효율적으로 절충할 수 있는 버퍼 관리 기법이 필요하다.

버퍼 관리 방법은 대체적으로 정적 임계법(ST : Static Threshold), PO(PushOut), 그리고 동적 임계법(DT : Dynamic Threshold)등 세 가지 방법으로 나눌 수 있다. 이 논문에서 관심을 가지는 것은 DT이며, DT에서는 각 가상 큐의 임계 값을 일정하게 정하여 큐잉하는 방법인 ST와는 달리 메모리의 상태에 따라 큐의 길이를 동적으로 제한하게 된다.

기존의 동적임계법은 교환기내 버퍼 점유상태를 동적으로 반영하여 급변하는 트래픽상태에는 효율적으로 대처할 수 있었으나, CAC로부터 각 연결에 대한 어떠한 정보도 인계 받지 않는 관계로 차등적인 임계 버퍼 크기를 할당하지 못했다. 이에 따라 규정되지 않은 트래픽이나 악의적인 트래픽에 그다지 효율적으로 대처했다고 볼 수 없다.

본 논문에서는 동적임계법에 CAC 파라미터를 반영할 수 있는 요소를 따로 두어 기존에 갖고 있었던 비차등화에 따른 문제점을 해결하려는 방법을 살펴보았다. 이에 규정되지 않은 트래픽과 악의적인 트래픽에 대해서는, 같은 총 버퍼점유상태에서도 더 적은 버퍼할당 임계치를 두어 그 여분을 규정된 트래픽과 순용하는 트래픽에 분배하여 셀 손실률의 이득을 보게 하였다. 반면 총 버퍼 점유량이 많지 않은 경우에는 기존의 동적 임계법이 갖는 이점을 비규정 트래픽, 악의적 트래픽이라 할지라도 얻을 수 있게 된다.

II. ATM 스위치와 분류 II의 기본 구성

ATM 스위치는 기본적인 기능에 있어서 전통적인 패킷 스위치와 크게 다르지는 않으나 고정된 셀의 길이(53byte)로 고속(150Mbps 이상)이라는 점에서

차이가 있다. 따라서, 이러한 고속의 교환을 수행할 수 있도록 ATM 스위치는 일반적으로 병렬 처리, 독자 경로 찾기(self-routing)등의 방법을 기본적으로 행하게 된다. 또 ATM 스위치는 회선 스위치와는 달리, 동시에 도착한 여러 셀들이 동일한 출력 단자로 향하게 되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 상황에서는 셀들이 충돌(conflict)이 생기게 되므로, ATM 스위치 내부에는 이를 위한 버퍼가 있어야 한다.

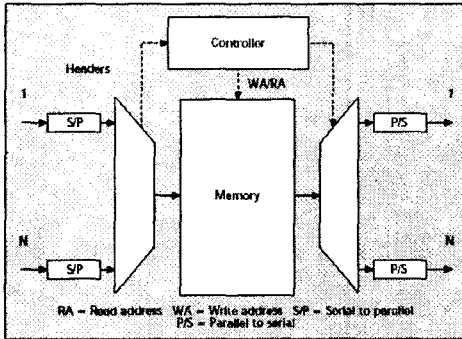


FIGURE 1. Shared memory ATM switch.

ATM 스위치는 Figure 1.과 같은 구조로 되어 있다.

일반적으로 LI(Line Interface), CP(Call Processor), SP(Signal Processor), 스위치 망(Switching Network)등으로 구성되어 있으며,LI 는 스위치 망으로 입력 셀을 전달하기 전에 입력 셀에 대한 동기화, VPI/VCI 헤더 변환, 셀 흐름 제어, 경로 배정 정보에 대한 작업, 입력 셀의 저장등의 기능을 담당한다 ATM 스위치는 교환 회로망의 교환 방식에 따라 공유 메모리(shared-buffer)형, 공유 매체(shared-medium)형, 공간 분할(space division)형의 스위치로 분류할 수 있다.

2.1 공유 메모리형 스위치

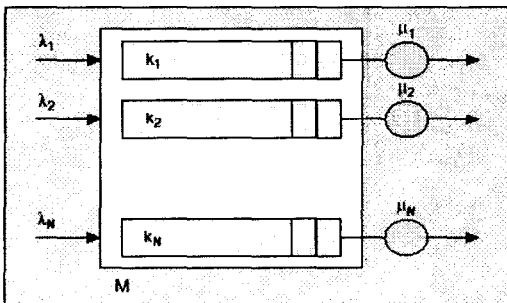


FIGURE 2. Queuing model of the shared-memory switch. λ_i is the mean rate of the traffic arriving at port i . k_i is the size of the FIFO buffer allocated to port i . The speed of the output link i is given by μ_i , and the size of the total memory space is indicated by M .

공유 메모리형 스위치는 모든 입/출력 단자들이 하나의 버퍼 메모리를 공유하며 이를 교환의 방법으로 이용한다. 입력 단자로 들어오는 셀들은 MUX 를 통해 하나의 흐름으로 만든 후에 각각의 출력 번지에 따라

차례로 읽어 내어 DMUX 시킨 후 각각의 출력 단자로 내보낸다. 따라서, 각 시간 슬롯 동안에 순차적으로 N 개의 입력 셀과 N 개의 출력 셀을 처리할 수 있는 메모리 제어기(Memory Controller)가 필요하게 되며, 또 이와 같은 속도로 동작할 수 있는 메모리가 필요하다. 따라서, 이 구조를 갖는 스위치는 그 크기가 제한될 수밖에 없다. 그러나, 공유 버퍼형 스위치는 버퍼 메모리의 효율적인 이용이 가능하고, 점 대 다중점 연결을 위한 셀 복사가 용이하며, 셀의 우선 순위에 따른 버퍼 관리가 용이한 장점이 있다.

공유 버퍼형 스위치의 공유 메모리는 올바른 교환을 위해 논리적으로 N 개의 버퍼처럼 동작을 해야 한다. 이를 위해 메모리 제어기는 같은 출력단자로 전달되는 셀들이 저장된 주소들을 독립적으로 관리하거나, 연결 목록(linked list) 형태로 공유 메모리에 각 셀과 함께 저장시켜야 한다.

2.2 공유 매체형 스위치

공유 매체형 스위치는 모든 입력 셀이 다중화되어 입/출력선의 N 배의 대역폭을 갖는 공유 매체로 전달된다. 각각의 출력 AF(Address Filter)와 출력 FIFO 버퍼로 구성되어 있는 인터페이스를 통해 공유 매체와 연결된다. 각 인터페이스는 공유 매체상의 모든 셀을 받을 수 있으며, 셀의 출력 주소가 부합되는 셀만을 버퍼에 저장하게 된다. 이 구조는 전체적으로 공유 버퍼형 스위치 구조와 비슷함을 알 수 있다. 따라서, 점 대 다중점 연결을 위한 패킷 복사가 용이한 장점이 있다. 그러나, 완전 분리 방식의 메모리 관리를 하기 때문에 효율적인 메모리 사용을 하기 어렵다.

2.3 공간 분할형 스위치

공간 분할형 스위치는 교환 회로망의 입/출력 단자 사이에 연결 경로가 공간 분할적으로 제공되는 스위치이다. 따라서, 공간 분할형 스위치는 여러 개의 독립적인 경로가 동시에 설정될 수 있게 되며, 이 점에서 공유 버퍼형 스위치나 공유 매체형 스위치와 큰 차이가 있다. 이것은 위에서 설명한 스위치 구조들에 비해 낮은 속도로 동작시킬 수 있다는 것을 의미한다. 그러나, 이와 같이 낮은 속도로 동작시키게 되면, 입력 셀들을 모두 출력 단자들로 동시에 보낼 수 없는 상황이 반드시 존재하게 된다. 따라서, 공간 분할형 스위치에서는 교환 회로망의 자원 공유에 따른 셀 충돌을 피할 수 없게 되고, 이를 해결하기 위해서는 버퍼 사용이 필요하다. 공간 분할형 스위치는 이러한 버퍼를 어디에 위치시키는가에 따라서 입력 버퍼형, 출력 버퍼형, 입/출력 버퍼형, 내부 버퍼형 등으로 구분된다. 공간 분할형 스위치의 교환 회로망은 차단형 교환망(blocking switching network)과 비차단형 교환망(nonblocking switching network)으로 구성할 수 있다. 입력 셀들이 서로 다른 출력 단자로 향할 경우, 모든 셀을 동시에 출력 단자로 전달할 수 있는 교환 회로망을 비차단형 교환망이라 하고, 그렇지 못한 교환망을 차단형 교환망이라 한다.

III. 가중형 동적 임계 버퍼관리기법

모든 큐들이 같은 크기의 임계값을 갖게 해주는 것을 조정 임계값(control threshold)라 한다. 조정 임계값의 크기는 현재 사용되지 않은 전체 버퍼 공간에 의해 결정이 된다. 각 출력포트의 큐는 사용되고 남은 버퍼를 임의의 함수 f 에 대입하여 큐의 길이를 제한한다. 임의의 시간 t 에서, $T(t)$ 를 시간 t 일 때의 조정 임계값이라 하고, $Q^i(t)$ 를 큐 i 의 길이라 한다. $Q(t)$ 를 모든 가상 큐들의 합이라고 하면, 이것은 전체 공유 메모리를 차지하는 공간이 된다. 만약 B 를 전체 버퍼 공간이라 하면, 조정 임계값 $T(t)$ 는

$$T(t) = f(B - Q(t)) = f(B - \sum_i Q^i(t)) \text{가 된다.}$$

만약, 시간 t 에서 $Q^i \geq T(t)$ 이면, 가상 큐 i 에 도착하는 셀은 차단된다. 이 경우 이 가상 큐로 향하는 모든 셀들은 그 큐의 길이가 조정 임계값보다 작거나 임계값이 커질 때까지 차단된다. 조정 임계값을 구하는 가장 간단한 방법은 사용되고 남은 버퍼에 α 배 곱한 값을 사용할 수 있으며 다음 식과 같다.

$$T(t) = \alpha \cdot (B - Q(t)) = \alpha \cdot (B - \sum_i Q^i(t))$$

본 논문에서는, 망 자원 중에서 ATM 공유 메모리 스위치의 출력포트간 공정 분배를 위한 버퍼관리 기법 연구와 함께 차등화된 QoS 지원을 위한 버퍼 관리 기법을 연구하였다. 특히 기존의 동적 임계법이 서로 다른 손실 요구치를 임계값에 반영하지 않았기 때문에 차등화된 QoS 지원에 취약했던 점을 개선하였다. 기존 동적 임계법은 서로 같은 손실 우선권을 갖는 트래픽이 여럿 출력 포트에서 처리될 때 한정된 버퍼를 어떻게 효율적으로 사용하는가에 초점을 맞추고 있었다. 하지만 이는 어디까지나 동일한 손실 요구치만을 위한 것이었다. 기존의 동적 임계법의 임계치 결정요소인 값을 차등화하여, 손실 요구치에 따라 틀 따로 두게 되면 다음과 같은 식을 얻어낼 수 있다.

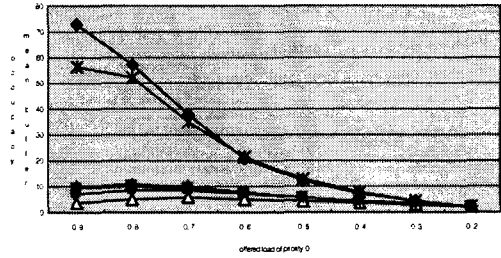
$$T_p(t) = \alpha_p \cdot (B - Q(t)) = \alpha_p \cdot (B - \sum_i Q^i(t))$$

이에 따라 $(B - \sum_i Q^i(t))$ 값이 같은 상황에서, 추가 버퍼사용을 허용 받은 트래픽과 허용 받지 않은 트래픽이 구분 지어지게 된다. 이에 따라 손실율이 구분 지어지게 되고, 요구 하는 것에 따라 그 정도 또한 쉽게 조정할 수 있게 된다. 특히 값이 2의 지수승의 값을 갖게 된다면, 단순히 소프트웨어 레지스터를 통해서 구현할 수 있으므로 구현이 훨씬 용이하게 된다

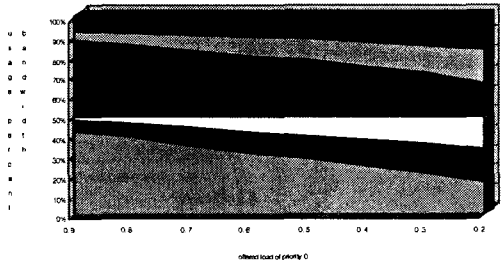
IV. 컴퓨터 모의 실험

다음은 각각 기본 부하가 0.2로 같은 상황에서, 높은 우선권의 트래픽이 추가로 유입됐을 경우와 낮은 우선권의 트래픽이 추가로 유입됐을 경우를 시뮬레이션 한 결과이다. 우선 다음에 볼 3개의 그래프는 높은 우선권의 트래픽이 추가로 유입됐을 경우에 각각의

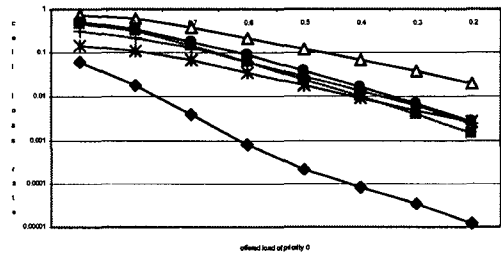
우선권을 갖는 트래픽들의 평균 버퍼 점유량, 대역폭 할당 정도, 그리고 유실율을 나타내고 있다.



Legend for Figure 1: weighted factor 1, weighted factor 2, weighted factor 3, sym. m. eq. factor 1, sym. m. eq. factor 2, sym. m. eq. factor 3



Legend for Figure 2: weighted factor 1, weighted factor 2, weighted factor 3, sym. m. eq. factor 1, sym. m. eq. factor 2, sym. m. eq. factor 3

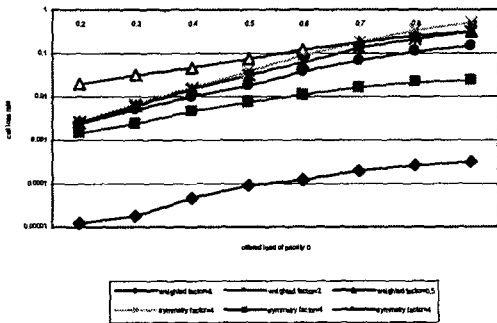
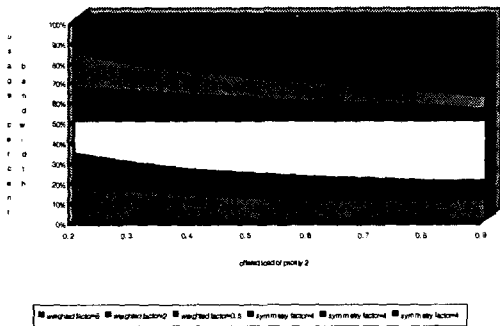
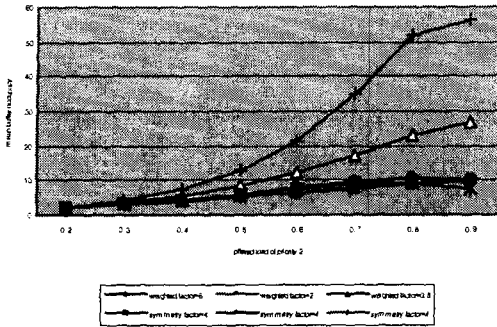


Legend for Figure 3: weighted factor 1, weighted factor 2, weighted factor 3, sym. m. eq. factor 1, sym. m. eq. factor 2, sym. m. eq. factor 3

위의 그래프들은 기존의 동적 할당법과의 비교를 위한 것이며, 가중형의 경우 factor는 8, 2, 0.5를 공통형의 경우 4를 공통으로 부여하였다. 위의 그림에서 알수있는것처럼 우선권이 높은 트래픽이 추가로 부하를 증가시킨다고해도 가중형의 경우는 셀 유실 대부분을 우선권이 낮은 트래픽이 흡수하는 모습을 볼수있다. 이와는 달리 우선권이 낮은 트래픽에 부하가 증가 할 경우, 가중형 동적임계법의 경우 전체적인 부하의 상승에도 영향을 덜 받는 효과 또한 얻어낼수 있다.

References

- [1] F. A. Tobagi, "Fast Packet Switch Architectures for BroadBand Integrated Services Digital Networks", Proc. IEEE, vol. 78, no. 1, Jan. 1990, pp. 133-67.
- [2] A. K. Choudhury and E. L. Hanhne, "Dynamic Queue Length Thresholds for Shared-Memory Packet Switches", IEEE/ACM Trans. Commun., vol. 6, no. 2, Apr. 1998, pp.130-40. H. Y. Jung, B. C. Lee and K. C. Park, "Implementation of the Inter-Module Interface in an ATM Switching System", Proceedings of ITC-CSCC' 97 Vol. 2, pp.79-82, Jul. 1997
- [3] Joan Garcia-Haro and Andrezej Jajszczyk "ATM Shared-Memory Switching Architectures" IEEE Network, July/August 1994.
- [4] A. K. Choudhury and E. L. Hahne, "A Simulation Study of Space Priorities in a Shared Memory ATM Switch", IEEE Journal High Speed Networks, vol. 3, pp. 491-512, No. 4, Nov. 1994.



V. 결론

기존의 동적임계법은 현재 존재하고 있는 버퍼 관리 기법들은 각 가상 큐들의 크기를 제한함으로써 버퍼 할당을 보장하는 것과 전체 버퍼 공간을 공유함으로써 공유 버퍼의 이용률을 증가시키는 것 사이의 딜레마를 해결하는데 좋은 효과를 기대할 수 있으나, CAC로부터 어떠한 정보도 얻어 활용하지 못함으로써, 서로 다른 손실 요구치를 갖는 트래픽에 대해서 차등적이 서비스를 제공하지 못했던 점이 있었으나, 단순한 factor 값 변화만으로도 위와 같은 가중적인 QoS 처리를 할 수 있음을 알 수 있다.